

STN Karlsruhe

=> s de10147432/PN
L5                    1 DE10147432/PN

L5    ANSWER 1 OF 1    WPINDEX    COPYRIGHT 2004 THOMSON DERWENT on STN

TI    Electronic switching circuit for scalable communication interface in automation units, has received data telegram assigned to one element of transmission list.

PI    WO 2002078264    A2 20021003 (200275)\* GE    38    H04L012-28  
       RW: AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE TR  
       W: US  
       DE 10147432        A1 20021031 (200276)                    H04L012-28        <--  
       EP 1371185        A2 20031217 (200402)    GE                H04L012-44  
       R: AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR

AB    WO 200278264 A UPAB: 20021120  
       NOVELTY - An electronic switching circuit for scalable communications interface has a reception list (5,7,15,19) for the first transmission cycle (11) and a transmission list (4,6,14,18) for the second transmission cycle, in which a data telegram (20-28) received according to the reception list (5,7,15,19) is assigned to one element of the transmission list (4,6,14,18). The electronic switching circuit is specifically for integration into an appliance, e.g. an automation unit.

      DETAILED DESCRIPTION - INDEPENDENT CLAIMS are given for: (1) An automation system; (2) A method for manufacturing a communications interface; and (3) A computer program product.

      USE - For manufacture of communication interfaces e.g. field bus, industrial Ethernet, Fire-Wire, PCI, especially in automation system.

      ADVANTAGE - Provides an improved electronic circuit for computer interface and corresponding computer program product.

      DESCRIPTION OF DRAWING(S) - A block diagram of an electronic circuit and corresponding communications links between subscribers, is given.

Nodes 2,3  
       Transmission list 4  
       Reception lists 5,7,15,19  
       Buffer stores 8,9  
       Communications link 12  
       Transmission cycles 13,17  
       Data telegrams 21-23  
       Coupling field 29

Dwg.2/6



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 101 47 432 A 1

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
H 04 L 12/28  
G 05 B 19/04

21 Aktenzeichen: 101 47 432.6  
22 Anmeldetag: 26. 9. 2001  
43 Offenlegungstag: 31. 10. 2002

66 Innere Priorität:  
101 14 389. 3 22. 03. 2001  
71 Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

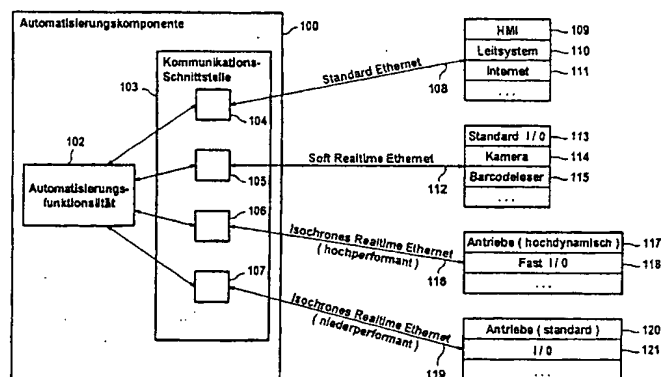
72 Erfinder:  
Franke, Michael, Dr., 91056 Erlangen, DE; Kiesel,  
Martin, 91099 Poxdorf, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und elektronischer Schaltkreis für eine skalierbare Kommunikationsschnittstelle in Automatisierungskomponenten

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und einen elektronischen Schaltkreis für eine skalierbare Kommunikationsschnittstelle zwischen einer ersten Kommunikationsverbindung (16) mit einem ersten Übertragungszyklus (17) einer ersten Länge und einer zweiten Kommunikationsverbindung (12) mit einem zweiten Übertragungszyklus (13) einer zweiten Länge, mit einer Empfangsliste (5), (7), (15), (19) für den ersten Übertragungszyklus und einer Sendeliste (4), (6), (14), (18) für den zweiten Übertragungszyklus, wobei ein gemäß der Empfangsliste empfangenes Datentelegramm (20), (21), (22), (23), (24), (25), (26), (27), (28) einem Element der Sendeliste zugeordnet ist.



DE 101 47 432 A 1

DE 101 47 432 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und einen elektronischen Schaltkreis für die Herstellung einer Kommunikationsschnittstelle, insbesondere in einem Automatisierungssystem.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Verfahren und Systeme zur Herstellung von Kommunikationsverbindungen zwischen den Teilnehmern eines Datennetzes bekannt. Weit verbreitet sind Bussysteme, bei denen jeder Teilnehmer jeden anderen Teilnehmer des Datennetzes direkt über das Bussystem adressieren kann. Ferner sind schaltbare Datennetze bekannt, bei denen so genannte Punkt-zu-Punkt-Verbindungen hergestellt werden, das heißt, ein Teilnehmer kann alle anderen Teilnehmer des schaltbaren Datennetzes nur indirekt, durch entsprechende Weiterleitung der zu übertragenden Daten mittels einer oder mehrerer Koppereinheiten erreichen.

[0003] Datennetze ermöglichen die Kommunikation zwischen mehreren Teilnehmern durch die Vernetzung, also Verbindung der einzelnen Teilnehmer untereinander. Kommunikation bedeutet dabei die Übertragung von Daten zwischen den Teilnehmern. Die zu übertragenden Daten werden dabei als Datentelegramme verschickt, das heißt die Daten werden zu einem oder mehreren Paketen zusammengepackt und in dieser Form über das Datennetz an den entsprechenden Empfänger gesendet. Man spricht deshalb auch von Datenpaketen. Der Begriff Übertragung von Daten wird dabei im Weiteren synonym zur oben erwähnten Übertragung von Datentelegrammen oder Datenpaketen verwendet.

[0004] Die Vernetzung selbst wird beispielsweise bei schaltbaren Hochleistungsdatennetzen, insbesondere Ethernet, dadurch gelöst, dass zwischen zwei Teilnehmern jeweils mindestens eine Koppereinheit geschaltet ist, die mit beiden Teilnehmern verbunden ist. Jede Koppereinheit kann mit mehr als zwei Teilnehmern verbunden sein. Jeder Teilnehmer ist mit mindestens einer Koppereinheit, aber nicht direkt mit einem anderen Teilnehmer verbunden. Teilnehmer sind beispielsweise Computer, speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) oder andere Maschinen, die elektronische Daten mit anderen Maschinen austauschen, insbesondere verarbeiten.

[0005] In verteilten Automatisierungssystemen, beispielsweise im Bereich Antriebstechnik, müssen bestimmte Daten zu bestimmten Zeiten bei den dafür bestimmten Teilnehmern eintreffen und von den Empfängern verarbeitet werden. Man spricht dabei von echtzeitkritischen Daten bzw. Datenverkehr, da ein nicht rechtzeitiges Eintreffen der Daten am Bestimmungsort zu unerwünschten Resultaten beim Teilnehmer führt.

[0006] Ebenso ist an sich aus dem Stand der Technik bekannt in einem solchen Automatisierungssystem ein synchrones getaktetes Kommunikationssystem mit Äquidistanz-Eigenschaften zu verwenden. Hierunter versteht man ein System aus wenigstens zwei Teilnehmern, die über ein Datennetz zum Zweck des gegenseitigen Austausches von Daten bzw. der gegenseitigen Übertragung von Daten miteinander verbunden sind.

[0007] Dabei erfolgt der Datenaustausch zyklisch in äquidistanten Kommunikationszyklen, die durch den vom System verwendeten Kommunikationstakt vorgegeben werden. Teilnehmer sind beispielsweise zentrale Automatisierungsgeräte, z. B. speicherprogrammierbare Steuerungen (-SPS, Bewegungssteuerungen-) oder andere Kontrolleinheiten, Computer, oder Maschinen, die elektronische Daten mit anderen Maschinen austauschen, insbesondere Daten von anderen Maschinen verarbeiten, und Peripheriegeräte wie z. B. Ein-/Ausgabe-Baugruppen, Antriebe, Aktoren, Senso-

ren. Unter Kontrolleinheiten werden im folgenden Regler- oder Steuerungseinheiten jeglicher Art verstanden. Zur Datenübertragung werden beispielsweise Kommunikationssysteme wie z. B. Feldbus, Profibus, Ethernet, Industrial Ethernet, FireWire oder auch PC-interne Bussysteme (PCI), etc. verwendet.

[0008] Automatisierungskomponenten (z. B. Steuerungen, Antriebe, ...) verfügen heute oftmals über eine Schnittstelle zu einem zyklisch getakteten Kommunikationssystem. Eine Ablaufebene der Automatisierungskomponente (Fast-cycle) (z. B. Lageregelung in einer Steuerung, Drehzahl- und Drehmomentregelung eines Antriebs) ist auf den Kommunikationszyklus synchronisiert. Dadurch wird der Kommunikationstakt festgelegt. Andere, niederperformante Algorithmen (Slow-cycle) (z. B. Temperaturregelungen) der Automatisierungskomponente können ebenfalls nur über diesen Kommunikationstakt mit anderen Komponenten (z. B. Binärschalter für Lüfter, Pumpen, ...) kommunizieren, obwohl ein langsamerer Zyklus ausreichend wäre. Durch Verwendung nur eines Kommunikationstaktes zur Übertragung von allen Informationen im System entstehen hohe Anforderungen an die Bandbreite der Übertragungsstrecke und an die Kommunikationsanschaltung der Komponenten.

[0009] Aus dem Stand der Technik bekannte Systemkomponenten nutzen zur Kommunikation für jede Prozess- bzw. Automatisierungsebene meist nur ein zyklisch getaktetes Kommunikationssystem bzw. einen Kommunikationszyklus (Fast-cycle) in dessen Takt alle relevanten Informationen übertragen werden. Daten, die nur im Slow-cycle benötigt werden, können z. B. über zusätzliche Protokolle gestaffelt übertragen werden, um die Anforderungen an die Bandbreite zu begrenzen. Das bedeutet zusätzlichen Softwareaufwand in den Automatisierungskomponenten. Weiterhin wird sowohl die Busbandbreite als auch der minimal mögliche Kommunikationszyklus im gesamten System durch die niederperformanteste Komponente bestimmt.

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde ein verbessertes Verfahren und einen verbesserten elektronischen Schaltkreis für eine Kommunikationsschnittstelle sowie ein entsprechendes Computerprogrammprodukt zu schaffen.

[0011] Die der Erfindung zu Grunde liegende Aufgabe wird mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche jeweils gelöst.

[0012] Die Erfindung erlaubt es eine Kommunikationsschnittstelle zwischen verschiedenen performanten zyklisch getakteten Kommunikationsverbindungen zu realisieren. Dadurch ermöglicht es die Erfindung, beispielsweise in einem Automatisierungssystem verschieden performante Kommunikationsverbindungen zu betreiben, deren Charakteristik der jeweiligen Applikation angepasst ist. Beispielsweise kann mittels der Erfindung für langsame Ein-/Ausgabe-BAUGRUPPEN eine niederperformante Kommunikationsschnittstelle zur Verfügung gestellt werden, so dass die BAUGRUPPEN über eine entsprechende Schnittstelle mit der zugeordneten Ablaufebene in der Steuerung kommunizieren können.

[0013] Ein besonderer Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, dass eine Skalierung der Kommunikationsschnittstellen hinsichtlich verschiedener Kriterien realisiert werden kann, insbesondere hinsichtlich:

- Skalierung bezüglich Echtzeitfähigkeit der Kommunikationsschnittstellen mit Anwendungen für:
- Standard-Ethernet mit Standardprotokollen (TCP/IP), Soft Realtime Ethernet (SRTE) - hierunter wird ein echtzeitfähiges Ethernet verstanden, in dem

die Echtzeitfunktionalität ohne "veredelte" Hardwarekomponenten durch entsprechende Software realisiert ist oder in dem wesentliche Teile der Echtzeitfähigkeit durch Software realisiert sind und andere funktionelle Komponenten durch einen Application Specific Integrated Circuit (ASIC). Ein solches SRTE ist durch relativ geringe Taktsynchronisierung und Kommunikationszyklen im Bereich vorzugsweise zwischen 3 ms und 10 ms gekennzeichnet. Basierend auf Standard-Ethernet Komponenten kann dabei die Echtzeitfähigkeit durch entsprechende Software und/oder ASIC Funktionalität realisiert werden.

– Isochrones Realtime Ethernet (IRTE) – hierunter wird ein auf Ethernet Technologie basierendes Kommunikationssystem verstanden, welches innerhalb eines Kommunikationszyklus, dem so genannten Isochronzyklus, sowohl die Übertragung von echtzeitkritischen Daten als auch nicht echtzeitkritischen Daten erlaubt. Die Trennung der planbaren Echtzeitkommunikation und der nicht planbaren, nicht echtzeitkritischen Kommunikation wird durch die Anwendung des Verfahrens zur Zeitsynchronisation gemäß der nicht veröffentlichten Anmeldung DE 100 04 425.5 gewährleistet. Ein solches IRTE ist durch relativ hohe Taktsynchronisierung von beispielsweise einer Mikrosekunde und durch relativ kurze deterministische Kommunikationszyklen mit Übertragung von Echtzeitdaten z. B. Kommunikationszyklen von 125 µs bis 10 ms gekennzeichnet. Die Echtzeitfunktionalität wird durch Software und durch entsprechende veredelte Hardwarekomponenten, wie z. B. so genannte Switches, Hubs und integrierte Switches, realisiert.

– Skalierung bzgl. möglicher Übertragungsraten (Bd = Baud)

– z. B. 10 MBd, 100 MBd, 1 GBd

– Skalierung bzgl. der Übertragungsrate um qualitativ unterschiedliche Automatisierungskomponenten einbinden zu können z. B.

– 100 MBd Isochrone Echtzeit Ethernet Verbindung für synchronisierte Antriebe und Fast I/O und

– z. B. 10 MBd Verbindung zum Anschluss an ein Peripheriegerät mit Kamerasystem oder Barcodeleser

– z. B. 100 MBd Standard Ethernet Anschluss für Anbindung an ein Leitsystem, Engineeringsystem und/oder Internet

– Skalierung bzgl. der Beziehungen der Kommunikationsschnittstellen

– Synchronisiert mit gleichem Zyklus

– Synchronisiert mit untersetztem Zyklus

– Zueinander synchronisierte Fast- und low-Cycle (eine SS "fast", eine SS "slow")

– Konsistenter Datenaustausch zwischen den Kommunikationsschnittstellen

– Routing zwischen den Kommunikationsschnittstellen auf unterschiedlichem Qualitätsniveau,

– Redundanz:

– Datenübertragung über disjunkte Pfade

– Taktübertragung über disjunkte Pfade

– Skalierung bzgl. der Beziehungen der Kommunikationsschnittstellen zu den Applikationen auf den Automatisierungskomponenten

– Fast- und Slow-Applikationen, die auf diese Fast- und Slow-Cycle synchronisiert sind

– Skalierung bzgl. anschließbarer Geräte

– Es, OP, Leitsystem, Internet über Standardethernet

– Komponenten mit Isochronen Realtime Ethernet Eigenschaften

– Komponenten mit Soft Realtime Ethernet Eigen-

schaften

– Sensorik/Aktorik (z. B. I/Os, Antriebe, Kameras, Barcodeleser, Geber) mit verschiedenen Baudraten (z. B. 10 MBd, 100 MBd).

**[0014]** Ein weiterer besonderer Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, dass aufgrund dieser Skalierbarkeit die verfügbaren, getakteten, physisch getrennten Übertragungszyklen mit den jeweiligen Applikationszyklen gekoppelt bzw. zu diesen zugeordnet werden können. Damit ist es möglich, die Kommunikation an die jeweiligen Anforderungen von Teilen der Applikation anzupassen, ohne dass die höchste Applikationsanforderung des Automatisierungssystems die entsprechende Kommunikationsperformance für alle Komponenten des Systems erforderlich macht.

**[0015]** Ein weiterer besonderer Vorteil der Erfindung ist, dass in einem Koppelknoten nicht mehrere separate Kommunikationsschnittstellen für die Kopplung verschieden performanter Netze vorhanden sein müssen, wie dies im Stand der Technik der Fall ist. Aufgrund der erfindungsgemäß möglichen, hardwarenahen Realisierung der Kommunikationsschnittstelle ist ein schnelleres Ein- bzw. Auskoppeln der Daten in bzw. aus verschiedenen Segmenten möglich.

**[0016]** Aus verschiedenen Gründen werden in dezentralen Systemen zwischen verschiedenen Knoten unterschiedliche Kommunikationszyklen (bei gleicher Übertragungsrate z. B. 100 MBit/s beim isochronen Real-Time-Fast-Ethernet) benötigt, wobei es Knoten – die so genannten Koppelknoten – gibt, die in diesem Fall gleichzeitig mit Knoten kommunizieren müssen, die unterschiedliche Kommunikationszyklen benutzen.

**[0017]** Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung bezieht sich u. a. auf eine Kommunikationsanschaltung (Switch-ASIC), die a priori mehrere separate Kommunikationsverbindungen (Ports) beinhaltet. Die Kommunikation über die verschiedenen Verbindungen kann dabei synchron in einem für alle Ports gleichen Kommunikationszyklus erfolgen.

**[0018]** Die Erfindung bezieht sich ferner auf einen Mechanismus, der verschiedene Kommunikationszyklen (ganzzahlige Vielfache des kürzesten Kommunikationszyklus) an den verschiedenen Ports ermöglicht. Damit ist ein synchronisierter und konsistenter Austausch von Daten zwischen Knoten möglich, die mit verschiedenen Kommunikationszyklen arbeiten. Der synchronisierte Datenaustausch kann erfolgen

– entweder durch eine direkte Weiterleitung der Telegramme, wenn am Empfangs- und Zielport im Kommunikationszyklus ein Austausch von Echtzeitdaten erfolgt,

– oder durch eine Zwischenpufferung in einem gemeinsamen Speicher. Das heißt vom Empfangsport werden die Daten immer in den Zwischenpuffer geschrieben. Vom Sendeport werden die Daten zum entsprechenden Sendezeitpunkt aus dem Zwischenpuffer versendet.

**[0019]** An jedem einzelnen Port gibt es Sende- und Empfangslisten, die das Senden, Weiterleiten und Empfangen von Daten steuern. Dadurch, dass die einzelnen Ports unterschiedliche Kommunikationszyklen (ganzzahlige Vielfache des kürzesten Kommunikationszyklus) haben, werden die Sende- und Empfangslisten an den jeweiligen Ports verschieden oft abgearbeitet.

**[0020]** Die Zuordnung der von einem Port zu sendenden oder empfangenen Daten zu den Sende- bzw. Empfangsli-

sten eines anderen Ports erfolgt in der Kommunikationsschnittstelle bzw. Kommunikationsanschaltung.

[0021] In der Kommunikationsschnittstelle können Daten sowohl über Ports mit einem schnelleren Kommunikationszyklus als auch über Ports mit einem langsameren Kommunikationszyklus empfangen oder versendet werden, wobei innerhalb der Kommunikationsschnittstelle eine Zuordnung eines empfangenen und zu versendenden Datentelegramms zu einem Übertragungszyklus des Ports, von dem aus das Datentelegramm gesendet werden soll, erfolgt.

[0022] Daten, die von einem Port mit einem langsameren Kommunikationszyklus über einen Port mit einem schnelleren Kommunikationszyklus versendet werden sollen, müssen entweder

- zwischengespeichert werden, damit dann auch in dem Zyklus, in dem keine Daten über den Port mit dem langsameren Kommunikationszyklus ankommen, gültige Daten versendet werden können,
- bzw. in der Zeit, in der keine Daten über den Port mit dem langsameren Kommunikationszyklus ankommen, werden als ungültig gekennzeichnete Daten oder die im letzten Zyklus eingetroffenen Daten über den Port mit dem schnelleren Kommunikationszyklus wiederholt versendet.

[0023] Der Vorteil liegt u. a. darin, dass

- a) auf einem Koppelknoten nur eine (Standard-)Kommunikationsschnittstelle implementiert werden muss und
- b) keine zusätzliche Instanz zum Umkopieren der Daten zwischen den verschiedenen Kommunikationsschnittstellen notwendig ist, was insbesondere keine bzw. geringe Totzeiten zur Folge hat.

[0024] Ferner erlaubt es die Erfindung, verschieden performante Teil-Netzwerke miteinander zu koppeln. Die so genannten Isochronzyklen der verschiedenen Teil-Netzwerke können dabei unterschiedlich sein.

[0025] Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird eine Kommunikationsanschaltung mittels eines so genannten Switch-ASIC realisiert, der mehrere separate Ein-/Ausgänge (Ports) für verschiedene Kommunikationsverbindungen beinhaltet. Nach dem Stand der Technik erfolgt die Kommunikation über die verschiedenen Verbindungen synchron in einem für alle Ports gleichen Kommunikationszyklus und gleicher Übertragungsrate. Die Erfindung erlaubt dagegen verschiedene Übertragungsraten und/oder verschiedene Kommunikationszyklen an den verschiedenen Ports. Dies ermöglicht einen konsistenten Austausch von Daten zwischen verschiedenen Knoten beispielsweise über ein so genanntes Koppelfeld des Switch-ASICs, und zwar mit verschiedenen Übertragungsraten und/oder unterschiedlichen Kommunikationszyklen.

[0026] Der konsistente Datenaustausch kann dabei über einen Zwischenpuffer in einem gemeinsamen Speicher erfolgen, das heißt, vom Empfangsport werden die Daten immer in den gemeinsamen Zwischenpuffer geschrieben. Vom Sendeport werden die Daten zum entsprechenden Sendepunkt aus dem Zwischenpuffer versendet.

[0027] Zur Gewährleistung der Datenkonsistenz kann an jedem Port ein zusätzlicher Sende- und Empfangspuffer mit einer Größe entsprechend der maximalen Telegrammenge vorgesehen sein.

[0028] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden die Daten in den gemeinsamen Zwischenpuffer kopiert, nachdem das Telegramm am Empfangsport

komplett empfangen worden ist – sog. store-and-forward Verfahren. Beim Senden werden die Daten immer aus dem Zwischenpuffer in den Sendepuffer des Sendeports kopiert. Durch eine Zugriffssteuerung auf den gemeinsamen Zwischenspeicher wird gewährleistet, dass es während des Lesens und Schreibens in den Zwischenpuffer zu keinen Überholungen kommen kann. Alternativ kann beispielsweise auch ein so genanntes cut-through Verfahren verwendet werden.

[0029] Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist, dass sich ein Automatisierungssystem realisieren lässt, welches verschiedene performante Teil-Netze beinhaltet, insbesondere zur Anwendung bei und in Verpackungsmaschinen, Pressen, Kunststoffspritzmaschinen, Textilmaschinen, Druckmaschinen, Werkzeugmaschinen, Roboter, Handlingssystemen, Holzverarbeitungsmaschinen, Glasverarbeitungsmaschinen, Keramikverarbeitungsmaschinen sowie Hebezeugen.

[0030] Im Weiteren wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung mit Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0031] Fig. 1 ein Blockdiagramm einer Automatisierungskomponente mit einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Kommunikationsschnittstelle,

[0032] Fig. 2 ein Blockdiagramm einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen elektronischen Schaltkreises und entsprechende Kommunikationsverbindungen zwischen zwei Teilnehmern verschieden performanter Netze,

[0033] Fig. 3 ein Flussdiagramm einer ersten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens,

[0034] Fig. 4 ein Flussdiagramm einer zweiten bevorzugten Ausführungsform hinsichtlich des Sendens eines Datentelegramms von einem niederperformanten zu einem höherperformanten Netz,

[0035] Fig. 5 eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Automatisierungssystems,

[0036] Fig. 6 ein Ausführungsbeispiel eines Automatisierungssystems mit unterschiedlich performanten Teil-Netzen.

[0037] Die Fig. 1 zeigt eine Automatisierungskomponente 100 mit einer Steuerung 102. Bei der Steuerung 102 kann es sich beispielsweise um eine so genannte Motioncontrol zur Steuerung einer Anlage handeln. Beispielsweise kann die Steuerung 102 zur Steuerung verschiedener Achsen, Antriebe und anderer Aggregate der Anlage dienen. Die Automatisierungskomponente 100 hat eine Kommunikationsschnittstelle 103 mit den Kommunikationsports 104, 105, 106 und 107.

[0038] Die Kommunikationsports 104 bis 107 sind skalierbar. Beispielsweise ist die Länge eines Kommunikations- oder Übertragungszyklus je nach den Systemanforderungen wählbar. Die Spezifizierung der Eigenschaften der jeweiligen Kommunikationsports 104 bis 107 kann durch die Projektierung spezifiziert sein oder kann auch durch einen Plug-and-Play Mechanismus beim Anschalten eines Geräts an einen der Kommunikationsports 104 bis 107 erfolgen.

[0039] Der Kommunikationsport 104 ist über eine Kommunikationsverbindung 108 mit einer Mensch-Maschine-Schnittstelle ("Human Machine Interface") 109, einem Leitsystem 110 und einem Internetzugang 111 verbunden. Die Kommunikationsverbindung 108 ist als Standard Ethernet Verbindung ausgebildet.

[0040] Der Kommunikationsport 105 ist dagegen für eine so genannte Soft Realtime Ethernet Kommunikationsverbindung 112 skaliert. Über die Kommunikationsverbindung 112 kommuniziert der Kommunikationsport 105 beispielsweise mit einer Standard Ein-/Ausgabe Einheit 113 ("Standard I/O"), einer Kamera 114 sowie einem Barcodeleser 115

und/oder weiteren Einheiten bzw. Geräten.

[0041] Der Kommunikationsport 106 ist zur Anbindung an ein Isochrones Realtime Ethernet ausgebildet und für eine hochperformante Kommunikationsverbindung 116 konfiguriert. Über die hochperformante Isochrone Realtime Ethernet Kommunikationsverbindung 116 kommuniziert der Kommunikationsport 106 mit einem Antrieb 117, der hochdynamisch ist, das heißt dessen Regelung eine Kommunikationsverbindung mit relativ großer Bandbreite und großer Abtastrate erfordert. Ferner kommuniziert der Kommunikationsport 106 mit der Ein-/Ausgabe Einheit 118, die als "Fast I/O" ausgebildet ist und/oder weiteren Einheiten bzw. Geräten.

[0042] Der Kommunikationsport 107 ist ebenfalls zur Anbindung an ein Isochrones Realtime Ethernet ausgebildet, wobei die Skalierung des Kommunikationsports 107 für ein niederperformantes Isochrones Realtime Ethernet gewählt ist. Über eine entsprechende Kommunikationsverbindung 119 eines niederperformanten Isochronen Realtime Ethernet kommuniziert der Kommunikationsport 107 mit einem Standardantrieb 120 und mit einer Standard Ein-/Ausgabe Einheit 121 und/oder weiteren Einheiten bzw. Geräten.

[0043] Besonders vorteilhaft bei der Ausführungsform der Fig. 1 ist, dass die Kommunikationsschnittstelle 103 in die Automatisierungskomponente 100 integriert ist und die Realisierung einer Anzahl von grundsätzlich gleichartigen Kommunikationsschnittstellen erlaubt. Beispielsweise können die Kommunikationsports 104 bis 107 eine einheitliche Anschlusstechnik für einheitliche Kabelmedien aufweisen.

[0044] Die Kommunikationsschnittstelle 103 ist bezüglich ihrer Leistungs- und Nutzungsfunktionalität skalierbar. Die Skalierbarkeit drückt sich u. a. in einer Kombination folgender Eigenschaften aus:

- Die Kommunikation über eine der Kommunikationsverbindungen 108, 112, 116 und 119 läuft immer auf der Basis einer Standardprotokollfunktionalität, z. B. TCP/IP bei Ethernet, ab.
- Wahlweise kann eine Kommunikationsverbindung als echtzeitfähige oder nicht echtzeitfähige Kommunikationsverbindung skaliert werden.

[0045] Es sind verschiedene Geräte an die Automatisierungskomponente 100 anschließbar, die unterschiedliche Anforderungen an die Performanz der Kommunikationsverbindung stellen, beispielsweise Komponenten die an einen Soft Realtime Ethernet Kommunikationssport oder an einen Isochronen Realtime Ethernet Kommunikationsport mit Echtzeitfähigkeit anschließbar sind oder auch Komponenten, die lediglich eine niederperformante Echtzeitfähigkeit oder auch keine Echtzeitfähigkeit benötigen.

[0046] Die Übertragungsrate, das heißt die Baudrate, kann je nach den Anforderungen der anzuschließenden Geräte skaliert werden, wobei die Skalierung durch eine entsprechende Konfiguration der Software der Kommunikationsschnittstelle 103 erfolgen kann. Die Konfiguration kann im Rahmen der Projektierung des Automatisierungssystems erfolgen oder mittels eines Plug-and-Play Mechanismus.

[0047] Zwischen verschiedenen Kommunikationsschnittstellen 103 in einem Automatisierungssystem besteht eine Routingfunktionalität. Hierzu weisen die Kommunikationsschnittstellen vorzugsweise ein Koppelfeld auf.

[0048] Synchronisation bzw. Synchronisierung ist zwischen den Kommunikationsschnittstellen herstellbar, was insbesondere für die Echtzeitkommunikation wichtig ist. Synchrone Übertragungszyklen können dabei die gleiche Länge aufweisen oder auch unterschiedlich lang sein, wobei dann die Länge des einen Übertragungszyklus ein ganzzah-

liges Vielfaches der Länge des anderen Übertragungszyklus beträgt. Dies ist besonders vorteilhaft, da sich auf diese Art und Weise die zur Verfügung stehenden Systemressourcen effektiv nutzen lassen. Beispielsweise werden von einem Regler in einer Anlage zwanzig Achsen geregelt.

[0049] Sechs der Achsen sind hochdynamisch und erfordern einen Übertragungszyklus von 1 ms. Die restlichen vierzehn Achsen sind weniger zeitkritisch und verlangen einen Übertragungszyklus von z. B. 4 ms oder 8 ms. Jede der zwanzig Achsen weist einen Sensor auf, der mit den entsprechenden Taktraten die Ist-Werte der Lage der Achse erfasst.

[0050] Diese müssen mit den entsprechenden Taktraten zu einer Kommunikationsschnittstelle übertragen werden. Aufgrund der Skalierbarkeit der Kommunikationsschnittstelle ist es möglich, eine erste Kommunikationsverbindung hochperformant zu skalieren, um die sechs Achsen zu bedienen und eine zweite Kommunikationsverbindung niederperformant zu skalieren, um die vierzehn weniger zeitkritischen Achsen zu regeln.

[0051] Auf diese Art und Weise wird insbesondere auch die in dem Regler zur Verfügung stehende Rechenleistung effizient genutzt und es ist keineswegs – wie im Stand der Technik – erforderlich, den Regler insgesamt mit der hohen Taktfrequenz von 1 ms zu betreiben.

[0052] Erfindungsgemäß lässt sich weiter eine Redundanzfunktionalität dadurch realisieren, dass redundante Kommunikationsverbindungen mittels einer Aneinanderreihung von Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zwischen den Knoten eines Netzwerks realisiert werden.

[0053] Die Fig. 2 zeigt einen elektronischen Schaltkreis 1, der als Koppelknoten zwischen den Knoten 2 und 3 dient.

[0054] Der Koppelknoten 1 hat die beiden Kommunikationsports Port B und Port C. Dem Port B ist eine Sendeliste 4 und eine Empfangsliste 5 zugeordnet. Die Sendeliste 4 bestimmt in einem deterministischen Kommunikationssystem zu welchen Zeitpunkten welche Datentelegramme an welche Empfänger vom Koppelknoten 1 an dessen Port B zu senden sind. Entsprechend bestimmt die Empfangsliste 5 die von den verschiedenen Knoten des Kommunikationssystems zu verschiedenen Zeitpunkten am Port B zu empfangenden Datentelegramme. Die Art, der Zeitpunkt und der Adressat der Datentelegramme sind also im Voraus bestimmt; es ändern sich lediglich die mit den Datentelegrammen jeweils transportierten Nutzdaten.

[0055] Der Port C hat eine entsprechende Sendeliste 6 und eine Empfangsliste 7 für vom Port C zu sendende Datentelegramme bzw. zu empfangende Datentelegramme.

[0056] Der Koppelknoten 1 hat ferner einen Pufferspeicher 8 für vom Port B empfangene und/oder vom Port C auszusendende Datentelegramme sowie einen Pufferspeicher 9 für vom Port C empfangene und/oder vom Port B zu sendende Datentelegramme. Beispielsweise können die Pufferspeicher 8 und 9 durch ein gemeinsames Speicherelement oder auch im Koppelfeld 29 realisiert sein.

[0057] Der Koppelknoten 1 hat ferner einen Speicher 10 für ein Ersatztelegramm sowie eine Steuerung 11, welche ganz oder teilweise schaltungstechnisch oder durch Mikrocode realisiert werden kann.

[0058] Der Koppelknoten 1 ist mit dem Knoten 2 über eine Kommunikationsverbindung 12 verbunden. Bei der Kommunikationsverbindung 12 handelt es sich um eine niederperformante Verbindung mit einer relativ geringen Datenrate und einem relativ langen Übertragungszyklus 13, der auch als Rahmen oder "Frame" bezeichnet wird.

[0059] Die Kommunikationsverbindung 12 verbindet den Port C mit einem Port D des Knotens 2. Dem Port D sind eine Sendeliste 14 und eine Empfangsliste 15 zugeordnet,

die wiederum die deterministische Übertragung von Datentelegrammen über das Kommunikationssystem, das heißt, über die Kommunikationsverbindung 12 spezifizieren.

[0060] Entsprechend ist der Port B des Koppelknotens 1 mit einem Port A des Knotens 3 über eine Kommunikationsverbindung 16 verbunden, wobei es sich bei der Kommunikationsverbindung 16 um eine hochperformante Verbindung mit einer relativ hohen Datenrate und einem relativ kurzen Übertragungszyklus 17 handelt.

[0061] Dem Port A des Knotens 3 sind wiederum eine Sendeliste 18 und eine Empfangsliste 19 für die deterministische Übertragung von Datentelegrammen von bzw. zu dem Knoten 3 zugeordnet.

[0062] Die Kommunikation über die Kommunikationsverbindungen 12 und 16 läuft in den zyklisch wiederholten Übertragungszyklen 13 bzw. 17 ab, die ihrerseits in Zeitschlitze unterteilt sein können. Während eines Übertragungszyklus 13 bzw. 17 werden die entsprechenden Empfangs- und Sendelisten abgearbeitet, wobei verschiedene Datentelegramme den betreffenden Zeitschlitzen in einem Übertragungszyklus zugeordnet werden. In dem betrachteten Beispiel der Fig. 2 sind vier zeitlich aufeinanderfolgende Übertragungszyklen 17 gezeigt, in denen jeweils ein oder mehrere Datentelegramme übertragen werden. Der Übersichtlichkeit halber ist in der Fig. 2 für jeden Übertragungszyklus 17 nur ein Datentelegramm 20, 21, 22 bzw. 23 gezeigt.

[0063] Vorzugsweise sind die Kommunikationsverbindungen 12 und 16 miteinander synchronisiert, das heißt, der Beginn der Übertragungszyklen 13 und 17 weist keine Phasenverschiebung auf. Die Länge der Übertragungszyklen 13 und 17 kann gleich sein oder sie ist – wie in dem hier betrachteten Beispiel – ein ganzzahliges Vielfaches, das heißt, die Länge des Übertragungszyklus 13 beträgt ein ganzzahliges Vielfaches des Übertragungszyklus 17.

[0064] In einem ersten Anwendungsfall werden die Datentelegramme 20, 21, 22 und 23 gemäß der Sendeliste 18 vom Knoten 3 jeweils im Übertragungszyklus 17 über die Kommunikationsverbindung 16 an den Port B des Koppelknotens 1 übertragen. Die Datentelegramme 20 bis 23 tragen dabei jeweils eine bestimmte Nutzinformation, beispielsweise eine Drehzahl, wenn es sich bei dem Knoten 3 um einen Drehzahlmesser handelt. Der Drehzahlmesser gibt also in dem deterministischen System innerhalb jedes Übertragungszyklus 17 einen Wert aus, der zu übertragen ist. Die entsprechende Übertragung ist in der Sendeliste 18 und der entsprechenden Empfangsliste 5 festgelegt.

[0065] Diese Datentelegramme 20 bis 23 werden im Knoten 1 am Port B gemäß der Empfangsliste 5 empfangen und können im Pufferspeicher 8 zwischengespeichert werden. Im Koppelknoten 1 wird dann eines der Datentelegramme 20 bis 23 beispielsweise von der Steuerung 11 ausgewählt, um gemäß der Sendeliste 6 im Übertragungszyklus 13 der Kommunikationsverbindung 12 vom Port C an den Port D des Knotens 2 übertragen zu werden.

[0066] Grundsätzlich kann ein beliebiges Datentelegramm der Datentelegramme 20 bis 23 ausgewählt werden – in dem betrachteten Ausführungsbeispiel wird immer das zuerst gesendete Datentelegramm des Übertragungszyklus 17 ausgewählt, das heißt hier das Datentelegramm 20. Zur Sendung des Datentelegramms 20 muss der Port C also lediglich auf den Pufferspeicher 8 zugreifen, um von dort das Datentelegramm 20 für die Sendung gemäß der Sendeliste 6 abzurufen. Dieser Mechanismus läuft dabei vollständig auf Hardwareebene oder auf einer hardwarenahen Ebene ab, ohne dass auf einer höheren programmtechnischen Ebene die Daten transformiert und/oder umformatiert werden müssen.

[0067] Beispielsweise kann auf diese Art und Weise eine Untersetzung erfolgen, wie das in dem Anwendungsfall der Fig. 2 der Fall ist, das heißt, von den vier empfangenen Datentelegrammen 20 bis 23 wird lediglich das Datentelegramm 20 weiter übertragen.

[0068] Wenn die Erfassung der Messwerte in dem Knoten 3 mit einer so genannten Überabtastung erfolgt, das heißt, beispielsweise mit einer Abtastfrequenz, die um einen Faktor vier oder höher über der so genannten Shannon-Frequenz liegt, ist dieser Vorgang ohne Informationsverlust.

[0069] In einem weiteren Anwendungsfall wird vom Knoten 2 gemäß dessen Sendeliste 14 ein Datentelegramm 24 im Übertragungszyklus 13 über die Kommunikationsverbindung 12 von dessen Port D an den Port C des Koppelknotens 1 gesendet. Das Datentelegramm 24 wird vom Port C des Koppelknotens 1 gemäß dessen Empfangsliste 7 empfangen und im Pufferspeicher 9 zwischengespeichert.

[0070] Der Koppelknoten 1 sendet dann gemäß dessen Sendeliste 4 von dessen Port B in den nächsten Übertragungszyklen 17 die Datentelegramme 25, 26, 27 bzw. 28. Dies kann so erfolgen, dass es sich bei den Datentelegrammen 25 bis 28 jeweils um eine Kopie oder einen Teil des Datentelegramms 24 handelt. Auf diese Art und Weise werden die Belange der Empfangsliste 19 erfüllt, die in jedem Zeitschlitz des Übertragungszyklus 17 ein Datentelegramm erwartet.

[0071] Eine alternative Möglichkeit ist die Speicherung eines Ersatztelegramms im Speicher 10, welches keine Nutzinformation trägt. In diesem Fall ist nur eines der Datentelegramme 25 bis 28 eine Kopie des Datentelegramms 24, beispielsweise das Datentelegramm 25, während die weiteren Datentelegramme 26 bis 28 jeweils Kopien des Ersatztelegramms des Speichers 10 sind. Dieser Vorgang kann beispielsweise kontrolliert durch die Steuerung 11 erfolgen.

[0072] Insgesamt ist es also so, dass bei einer n-fachen Sendung eines Datentelegramms vom Knoten 3, beispielsweise einer vierfachen Sendung, dieses Datentelegramm vom Knoten 1 an den Knoten 2 m-fach gesendet wird, wobei  $m < n$  ist, vorzugsweise  $m = 1$  wie in dem betrachteten Beispiel.

[0073] Andererseits wird bei einer n-fachen Sendung eines Datentelegramms über die niederperformante Kommunikationsverbindung 12 dieses Datentelegramm entweder m-fach wiederholt, das heißt, in dem betrachteten Beispiel erfolgt eine vierfache Wiederholung bei einer einmaligen Sendung, oder das gesendete Datentelegramm wird nur einmal gesendet und es erfolgt eine zusätzliche Sendung von m-1 Ersatztelegrammen.

[0074] Der Koppelknoten 1 hat ferner ein Koppelfeld 29 über welches im Koppelknoten 1 Kommunikationsverbindungen zwischen den Ports B und C sowie erforderlichenfalls weiterer in der Fig. 2 nicht gezeigter Ports des Koppelknotens 1 hergestellt werden können.

[0075] Der dem Koppelknoten 1 zugrunde liegende elektronische Schaltkreis kann auch für die Realisierung einer Geräteschnittstelle z. B. eines Steuergeräts mit unterschiedlich performanten Kommunikationsverbindungen verwendet werden. Ein Koppelfeld ist für diese Anwendung nicht erforderlich.

[0076] Die Fig. 3 zeigt ein entsprechendes Flussdiagramm.

[0077] Im Schritt 30 werden zunächst eine Anzahl von m Datentelegrammen vom Port A zum Port B über eine Kommunikationsverbindung gemäß der entsprechenden Send- und Empfangslisten der beteiligten Knoten innerhalb von m aufeinanderfolgenden Übertragungszyklen, das heißt, jedes Datentelegramm innerhalb eines so genannten Isochronzyklus, an denselben Adressaten gesendet. Neben diesen m

Datentelegrammen können in jeweils freien Zeitschlitzten weitere Datentelegramme übertragen werden.

[0078] Im Schritt 31 wird zumindest eines dieser m Datentelegramme ausgewählt und einem Übertragungszyklus zwischen dem Port C und dem Port D zugeordnet. Die Auswahl des Datentelegramms kann determiniert sein, das heißt, beispielsweise wird immer das erste empfangene Datentelegramm ausgewählt.

[0079] Im Schritt 32 wird sodann das gewählte oder die gewählten Datentelegramme vom Port C an den Port D entsprechend der maßgeblichen Sende- und Empfangslisten innerhalb des zugeordneten Übertragungszyklus über eine niederperformante Kommunikationsverbindung übertragen.

[0080] Die Fig. 4 veranschaulicht diesen Ablauf für die umgekehrte Richtung:

Im Schritt 35 wird ein Datentelegramm vom Port D zum Port C entsprechend der maßgeblichen Sende- bzw. Empfangslisten innerhalb eines Übertragungszyklus über eine niederperformante Kommunikationsverbindung übertragen. Im Schritt 36 wird dieses Datentelegramm gespeichert und einem Übertragungszyklus zwischen dem Port B und dem Port A zugeordnet. Hierbei handelt es sich beispielsweise um den nächstfolgenden Übertragungszyklus.

[0081] Im Schritt 37 wird das gespeicherte Datentelegramm vom Port B an den Port A entsprechend der maßgeblichen Sende- und Empfangslisten innerhalb des zugeordneten Übertragungszyklus gesendet. Im Schritt 38 wird diese Sendung in mehreren aufeinanderfolgenden Übertragungszyklen wiederholt. Statt einer Wiederholung im Schritt 38 können auch Ersatztelegramme versendet werden.

[0082] Die Fig. 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Automatisierungssystems mit den Knoten 41, 42, 43, 44 und 45. Bei dem Knoten 41 handelt es sich um einen Antrieb, der einen Koppelknoten mit den zwei Ports "Fast" und einem Port "Slow" beinhaltet. Der Port "Fast" entspricht dem Port B und der Port "Slow" entspricht dem Port C des Koppelknotens 1 der Fig. 2.

[0083] Ein Port "Fast" des Knotens 41 ist mit dem Port "Fast" des Knotens 42 verbunden, entsprechend dem Port A des Knotens 3 der Fig. 2. Bei der die Ports "Fast" der Knoten 41 und 42 verbindenden Leitung handelt es sich entsprechend um eine hochperformante Kommunikationsverbindung 46 entsprechend der Kommunikationsverbindung 16 der Fig. 2.

[0084] Der andere Port "Slow" des Knotens 41 ist über eine niederperformante Kommunikationsverbindung 47 mit einem Port "Slow" des Knotens 43 verbunden, entsprechend der Kommunikationsverbindung 12 bzw. dem Port D der Fig. 2.

[0085] Ferner ist ein weiterer Port "Fast" mit einem entsprechenden Port "Fast" des Knotens 45, beispielsweise einer Steuerung, über eine hochperformante Kommunikationsverbindung 48 verbunden. Der Knoten 45 hat einen Port "Slow", der über eine niederperformante Kommunikationsverbindung 49 mit einem entsprechenden Port "Slow" des Knotens 44 verbunden ist. Der Knoten 45 beinhaltet ebenfalls einen Koppelknoten des in der Fig. 2 gezeigten Typs. Der Knoten 44 entspricht in seinem Aufbau wiederum dem Knoten 2 der Fig. 2.

[0086] In dem Automatisierungssystem der Fig. 2 ist es also möglich, dass beispielsweise ein Datentelegramm vom Knoten 42 an den Knoten 44 übertragen wird, obwohl die Übertragung über drei Kommunikationsverbindungen jeweils unterschiedlicher Charakteristik erfolgen muss.

[0087] Dies kann auch für die Kopplung verschiedener Teil-Netze verwendet werden, wie mit Bezug auf die Fig. 6 näher erläutert wird:

Das Automatisierungssystem der Fig. 6 weist verschiedene

Teil-Netze 50, 51, 52 und 53 auf. Die Teil-Netze 50 bis 53 können unterschiedliche Übertragungszyklen und/oder unterschiedliche Datenraten aufweisen. Vorzugsweise sind die Übertragungszyklen der verschiedenen Teil-Netze miteinander synchronisiert. Dies ist jedoch nicht zwingend der Fall.

[0088] Die entsprechenden Kommunikationssysteme dienen der Kommunikation der Knoten eines der Teil-Netze untereinander. Es kann jedoch auch eine Kommunikation über die Grenzen der Teil-Netze hinweg erfolgen. Hierzu sind die Knoten 54, 55 und 56 des Teil-Netzes 50 als Koppelknoten ausgebildet und zwar z. B. entsprechend Koppelknoten 1 der Fig. 2.

[0089] So können etwa der Knoten 57 des Teil-Netzes 52 und der Knoten 58 des Teil-Netzes 51 miteinander kommunizieren, obwohl die Teil-Netze 51 und 52 unterschiedliche Übertragungszyklen und/oder unterschiedliche Datenraten aufweisen. Entsprechend kann beispielsweise der Knoten 59 des Teil-Netzes 53 mit dem Knoten 57, dem Knoten 58 oder auch einem der Koppelknoten 54 bis 56 kommunizieren. Dies erlaubt es, verschiedene bereits bestehende Automatisierungssysteme zu einem Gesamtsystem miteinander zu vernetzen, ohne dass die Komponenten der bestehenden Systeme ausgetauscht werden müssen.

[0090] Vorzugsweise wird als Kommunikationssystem für die einzelnen Teil-Netze ein industrielles Ethernet, vorzugsweise ein Soft Realtime Ethernet oder ein Realtime Fast Ethernet mit jeweils unterschiedlichen Übertragungszyklen, das heißt, unterschiedlichen Isochronzyklen, und/oder unterschiedlichen Datenraten verwendet. Die Länge der Übertragungszyklen in den verschiedenen Teil-Netzen kann dabei beispielsweise 500 ms, 10 ms und 1 ms betragen. Die unterschiedlichen Übertragungsraten können beispielsweise 100 MB/s, 10 MB/s und 1 MB/s betragen. Für den Übergang von einer Übertragungsrate auf eine andere findet in dem entsprechenden Koppelknoten eine Zwischenspeicherung der Echtzeitdaten statt.

#### Patentansprüche

1. Elektronischer Schaltkreis für eine skalierbare Kommunikationsschnittstelle (103) zwischen einer ersten Kommunikationsverbindung (16) mit einem ersten Übertragungszyklus (17) einer ersten Länge und einer zweiten Kommunikationsverbindung (12) mit einem zweiten Übertragungszyklus (13) einer zweiten Länge, mit einer Empfangsliste (5, 7, 15, 19) für den ersten Übertragungszyklus (11) und einer Sendeliste (4, 6, 14, 18) für den zweiten Übertragungszyklus (13), wobei ein gemäß der Empfangsliste (5, 7, 15, 19) empfangenes Patentelegramm (20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28) einem Element der Sendeliste (4, 6, 14, 18) zugeordnet ist.
2. Elektronischer Schaltkreis nach Anspruch 1 zur Integration in einem Gerät, beispielsweise einer Automatisierungskomponente (100).
3. Elektronischer Schaltkreis nach Anspruch 1 oder 2 mit einer einheitlichen Anschlusstechnik für wenigstens eine oder mehrere Kommunikations-Schnittstellen (103), insbesondere für den Anschluss einheitlicher Kabelmedien.
4. Elektronischer Schaltkreis nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei sich die Skalierbarkeit der Kommunikations-Schnittstelle auf deren Leistungs- und/oder Nutzungsfunktionalität bezieht.
5. Elektronischer Schaltkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4, wobei die Kommunikationsschnittstelle (103) auf der Basis einer Standard-



protokollfunktionalität, vorzugsweise TCP/IP bei Ethernet, mit oder ohne Echtzeitfähigkeit ausgebildet ist.

6. Elektronischer Schaltkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 5, wobei die Kommunikations-Schnittstelle (103) zum Anschluss verschiedener 5 Gerätekomponenten, insbesondere Komponenten zum Anschluss an ein Soft Realtime Ethernet oder Isochrones Realtime Ethernet, ausgebildet ist.

7. Elektronischer Schaltkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 6 mit einer skalierbaren 10 Übertragungsrate, wobei die Übertragungsrate vorzugsweise über einer Projektierung oder einem Plug-and-Play Mechanismus spezifiziert wird.

8. Elektronischer Schaltkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7 mit einer Routingfunktionalität zwischen den Kommunikations-Schnittstellen (103). 15

9. Elektronischer Schaltkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 8 mit einer Redundanzfunktionalität für den Aufbau von zwei oder mehreren redundanten Kommunikationsverbindungen mittels einer Aneinanderreihung von Punkt-zu-Punkt Verbindungen zwischen den Knoten eines Kommunikationsnetzwerkes. 20

10. Elektronischer Schaltkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 9, wobei die Eigenschaften, insbesondere die Übertragungsrate, beliebig der oder den Kommunikations-Schnittstellen (103) zugeordnet werden können. 25

11. Elektronischer Schaltkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 10, wobei die Kommunikations-Schnittstelle (103) bezüglich ihrer Echtzeitfunktionalität skaliert, eingestellt und genutzt werden kann, insbesondere für Soft Realtime Ethernet und Isochrones Realtime Ethernet, und unterschiedliche Automatisierungskomponenten (100) mit unterschiedlichen Anforderungen an die Performanz einer Echtzeitkommunikationsverbindung betreibbar sind. 30

12. Elektronischer Schaltkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 11, wobei synchronisierte Übertragungszyklen (13, 17) aus der Applikation von Automatisierungskomponenten (100) nutzbar sind, um dynamische Antriebe und schnelle Ein-/Ausgabe Einheiten mit einem kleinen Übertragungszyklus (17) der ersten Kommunikationsverbindung (16) und 35 weniger dynamische Antriebe mit Standard Ein-/Ausgabe Einheiten mit einem längeren Übertragungszyklus (13) der zweiten Kommunikationsverbindung (12) anzuschließen. 40

13. Elektronischer Schaltkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 12, wobei die erste (16) und die zweite Kommunikationsverbindung (12) unterschiedliche Übertragungsraten haben. 45

14. Elektronischer Schaltkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 13, wobei der erste (17) und der zweite Übertragungszyklus (13) synchron sind und die Längen des ersten (17) und zweiten Übertragungszyklus (13) gleich sind oder ein ganzzahliges Vielfaches voneinander betragen. 50

15. Elektronischer Schaltkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 14, bei dem die Sendeliste (4, 6, 14, 18) zum m-fachen Absenden eines Datentelegramms (20-28) innerhalb von m aufeinanderfolgenden Übertragungszyklen (13, 17) ausgebildet ist, nachdem das Datentelegramm (20-28) n-fach innerhalb des ersten Übertragungszyklus (17) gemäß der Empfangsliste (5, 7, 15, 19) empfangen worden ist. 55 60 65

16. Elektronischer Schaltkreis nach Anspruch 15, bei dem  $m > n$  ist, sofern  $n = 1$  ist, vorzugsweise  $n = 1$ .

17. Elektronischer Schaltkreis nach Anspruch 16, bei dem das Datentelegramm (20-28) gemäß der Sendeliste (4, 6, 14, 18) nur einmal gesendet wird und dass zusätzlich eine Anzahl von m-1 Ersatzdatentelegrammen gemäß der Sendeliste (4, 6, 14, 18) in dem zweiten Übertragungszyklus (13) gesendet werden.

18. Elektronischer Schaltkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 17, bei dem die erste (16) und/oder die zweite Kommunikationsverbindung (12) bidirektional sind und jeder der bidirektionalen Kommunikationsverbindungen jeweils eine Sendeliste (4, 6, 14, 18) und eine Empfangsliste (5, 7, 15, 19) zugeordnet sind.

19. Elektronischer Schaltkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 18, bei dem es sich bei dem Datentelegramm (20-28) um Echtzeitdaten handelt.

20. Elektronischer Schaltkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 19, wobei die erste (16) und zweite Kommunikationsverbindung (12) eine Äquidistanz-Eigenschaft aufweisen.

21. Elektronischer Schaltkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 20, wobei es sich bei der ersten (16) und zweiten Kommunikationsverbindung (12) um ein industrielles Ethernet, insbesondere um ein Isochrones Realtime Ethernet (IRTE) oder ein Soft Realtime Ethernet (SRTE) handelt.

22. Elektronischer Schaltkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 21 mit mehreren Eingangs- und/oder Ausgangsports, denen jeweils eine Empfangs- (5, 7, 15, 19) und/oder Sendeliste (4, 6, 14, 18) zugeordnet ist, und mit einem Koppelfeld (29) zur Koppelung von wenigstens einem der Ports mit einem oder mehreren der anderen Ports.

23. Automatisierungssystem mit mehreren Komponenten (41, 42, 43, 44, 45), die durch Kommunikationsverbindungen (46, 47, 48, 49) miteinander verbunden sind, in dem jede der Komponenten (41-45) einen elektronischen Schaltkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 22 als integralen Bestandteil oder als Zusatzgerät aufweist.

24. Automatisierungssystem mit zumindest einem ersten Teil-Netzwerk (50, 51, 52, 53) mit ersten Kommunikationsverbindungen und mit wenigstens einem zweiten Teil-Netzwerk (50, 51, 52, 53) mit zweiten Kommunikationsverbindungen und mit zumindest einem Koppelknoten (54, 55, 56) zwischen den ersten und zweiten Teil-Netzwerken (50-53) mit einem elektronischen Schaltkreis nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 22.

25. Automatisierungssystem nach Anspruch 24 mit mehreren Koppelknoten (54-59), die durch ein drittes Teil-Netzwerk (50) miteinander verbunden sind.

26. Automatisierungssystem nach Anspruch 24 oder 25, bei dem die unterschiedlichen Teil-Netzwerke (50-53) verschiedene Übertragungszyklen und/oder Übertragungsraten aufweisen.

27. Verfahren zur Herstellung einer Kommunikationsschnittstelle (103) zwischen einer ersten Kommunikationsverbindung (16) mit einem ersten Übertragungszyklus (17) einer ersten Länge und einer zweiten Kommunikationsverbindung (12) mit einem zweiten Übertragungszyklus (13) einer zweiten Länge, wobei der erste (17) und der zweite Übertragungszyklus (13) vorzugsweise zueinander synchron sind und die erste und die zweite Länge vorzugsweise gleich sind oder ein ganzzahliges Vielfaches voneinander betragen, mit fol-

genden Schritten:

- Empfang eines Datentelegramms (20-28) gemäß einer dem ersten Übertragungszyklus (17) zugeordneten Empfangsliste (5, 7, 15, 19),
- Senden des Datentelegramms (20-28) gemäß einer dem zweiten Übertragungszyklus (13) zugeordneten Sendeliste (4, 6, 14, 18).

28. Verfahren nach Anspruch 27, bei dem die erste Kommunikationsverbindung (16) und die zweite Kommunikationsverbindung (12) unterschiedliche Übertragungsraten aufweisen.

29. Verfahren nach Anspruch 27 oder 28, bei dem ein Datentelegramm (20-28) von einem ersten Teilnehmer der ersten Kommunikationsverbindung (16) innerhalb des ersten Übertragungszyklus (17) empfangen wird und das Datentelegramm (20-28) m-fach innerhalb von m aufeinanderfolgenden Übertragungszyklen (17, 13) an einen zweiten Teilnehmer der zweiten Kommunikationsverbindung (12) gesendet wird.

30. Verfahren nach Anspruch 29, bei dem das Datentelegramm (20-28) nur einmal in dem zweiten Übertragungszyklus (13, 17) gesendet wird und ein Ersatzdatentelegramm m-1-fach in nachfolgenden zweiten Übertragungszyklen (13, 17) gesendet wird.

31. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 27 bis 30, bei dem es sich bei dem Datentelegramm (20-28) um Echtzeitdaten handelt.

32. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 27 bis 31, wobei die erste (16) und zweite (12) Kommunikationsverbindung eine Äquidistanzangebotschaft aufweisen.

33. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 27 bis 32, wobei es sich bei der ersten (16) und der zweiten (12) Kommunikationsverbindung (12) jeweils um ein industrielles Ethernet, insbesondere ein Isochrones Realtime Ethernet oder ein Soft Realtime Ethernet handelt.

34. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 27 bis 33, wobei ein oder mehrere Ein- und/oder ein oder mehrere Ausgangsports, denen jeweils eine Empfangs- (5, 7, 15, 19) und/oder Sendeliste (4, 6, 14, 18) zugeordnet ist, über ein Koppelfeld (29) gekoppelt werden.

35. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 27 bis 34, bei dem der erste (17) und zweite Übertragungszyklus (13) keine Phasenverschiebung aufweisen.

36. Computerprogrammprodukt mit Mitteln zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche 27 bis 35, wenn das Computerprogramm auf einem elektronischem Schaltkreis oder einem Automatisierungssystem ausgeführt wird.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

- Leerseite -

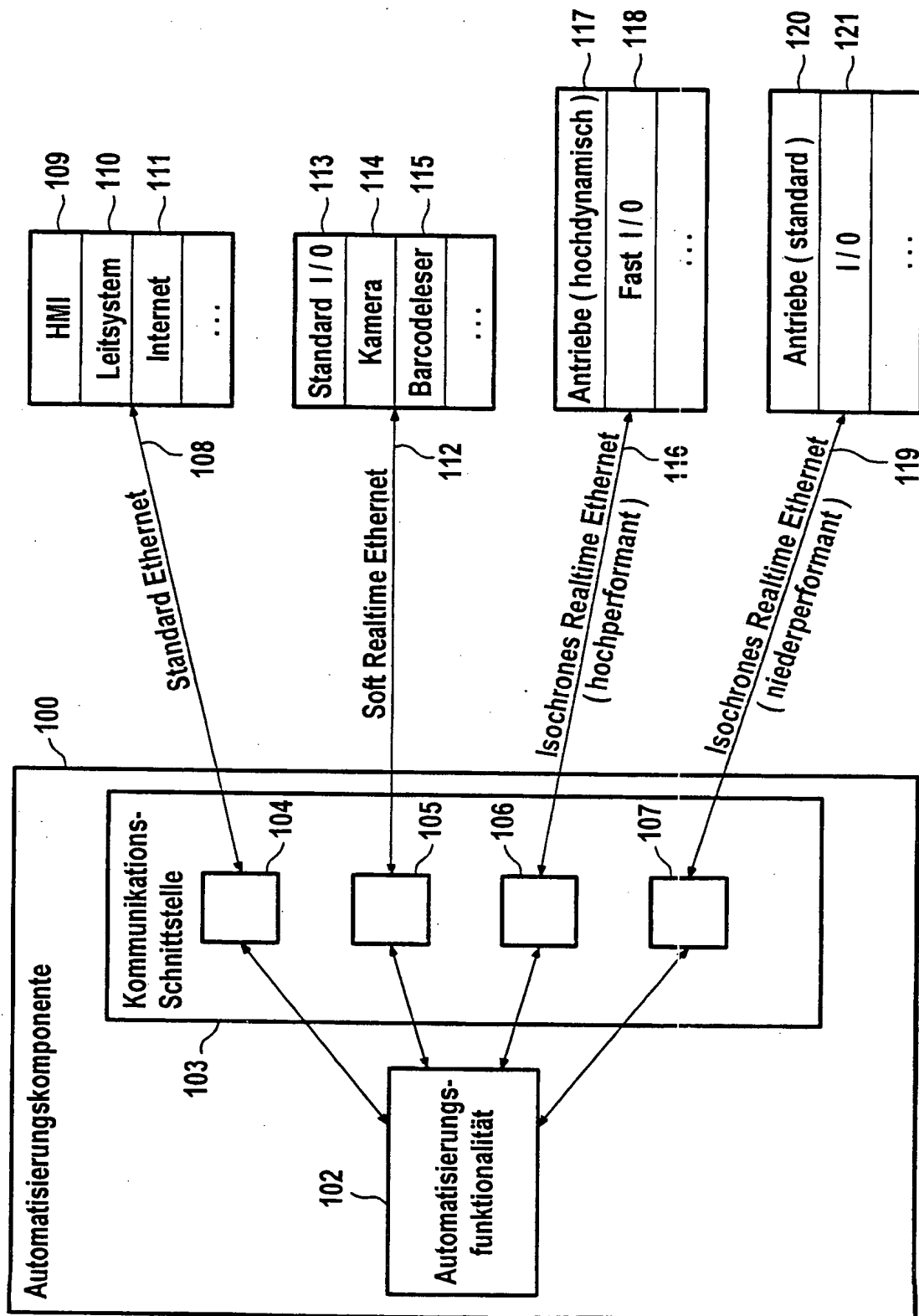
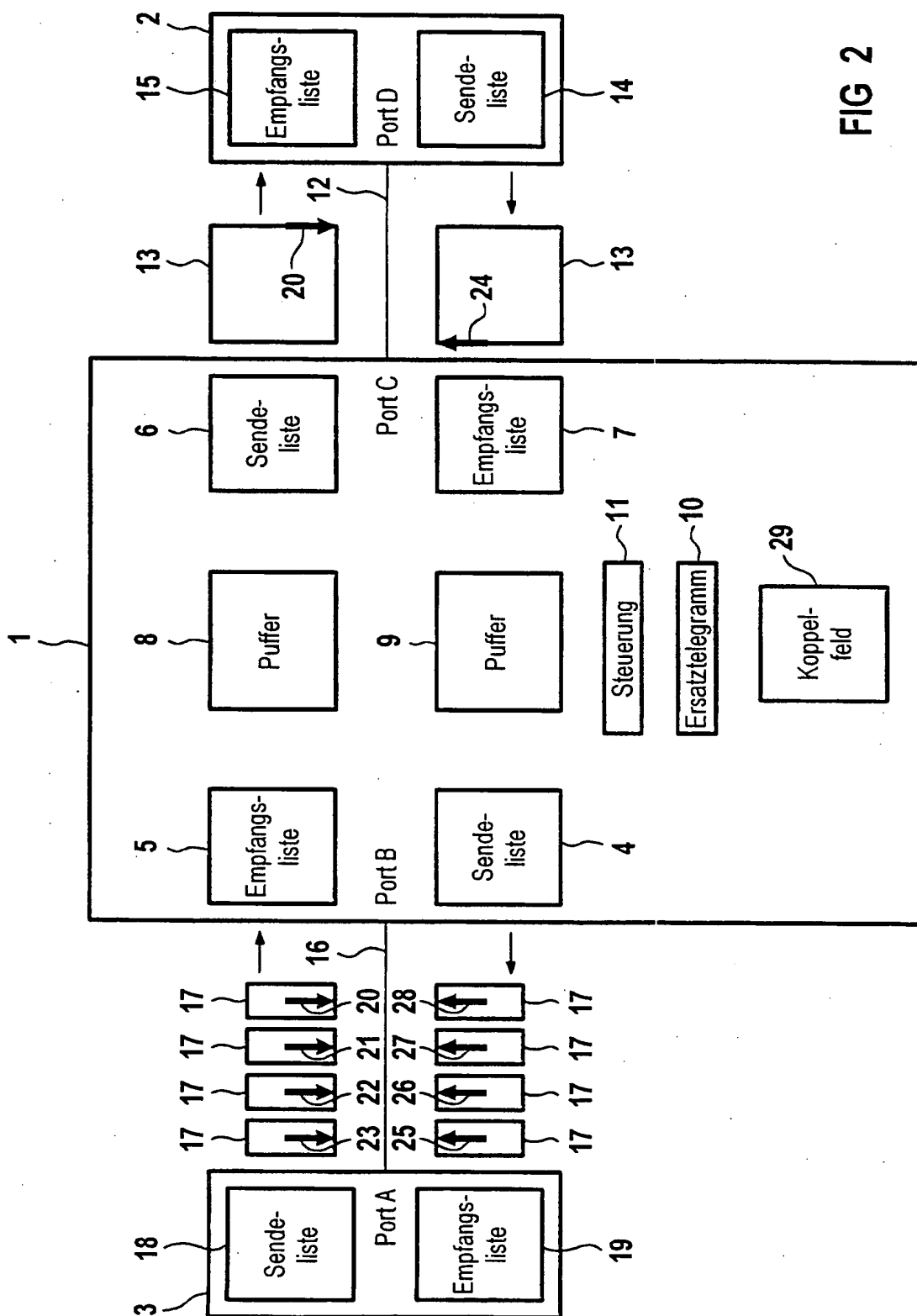
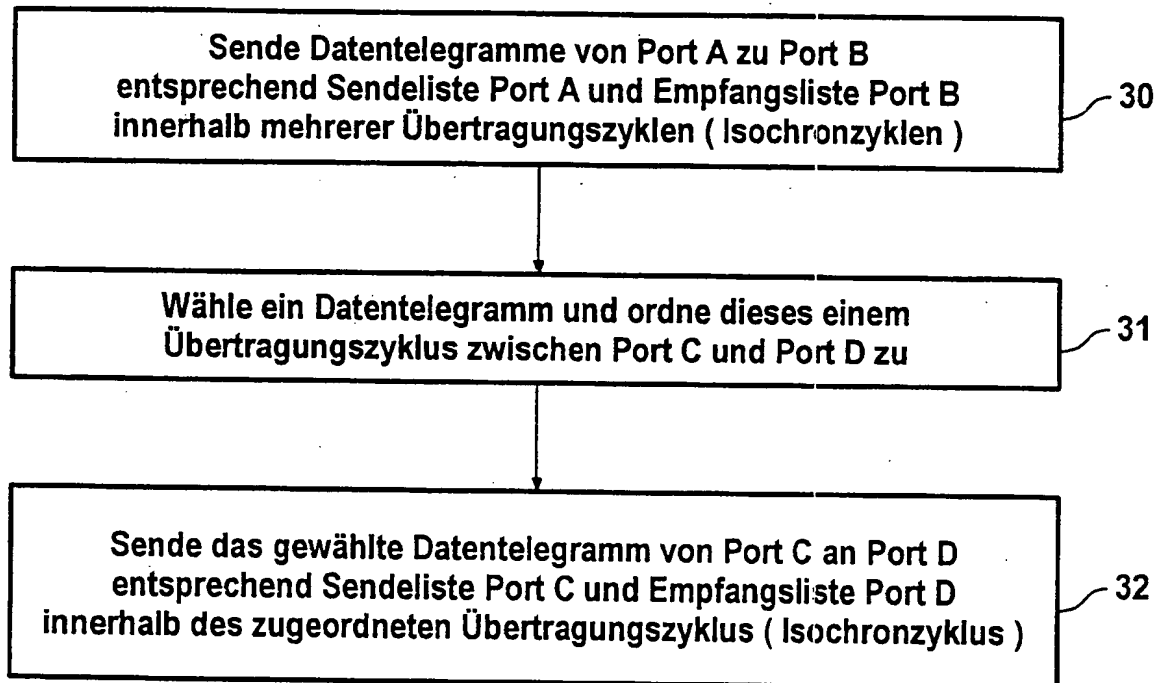


FIG 1



**FIG 2**



**FIG 3**

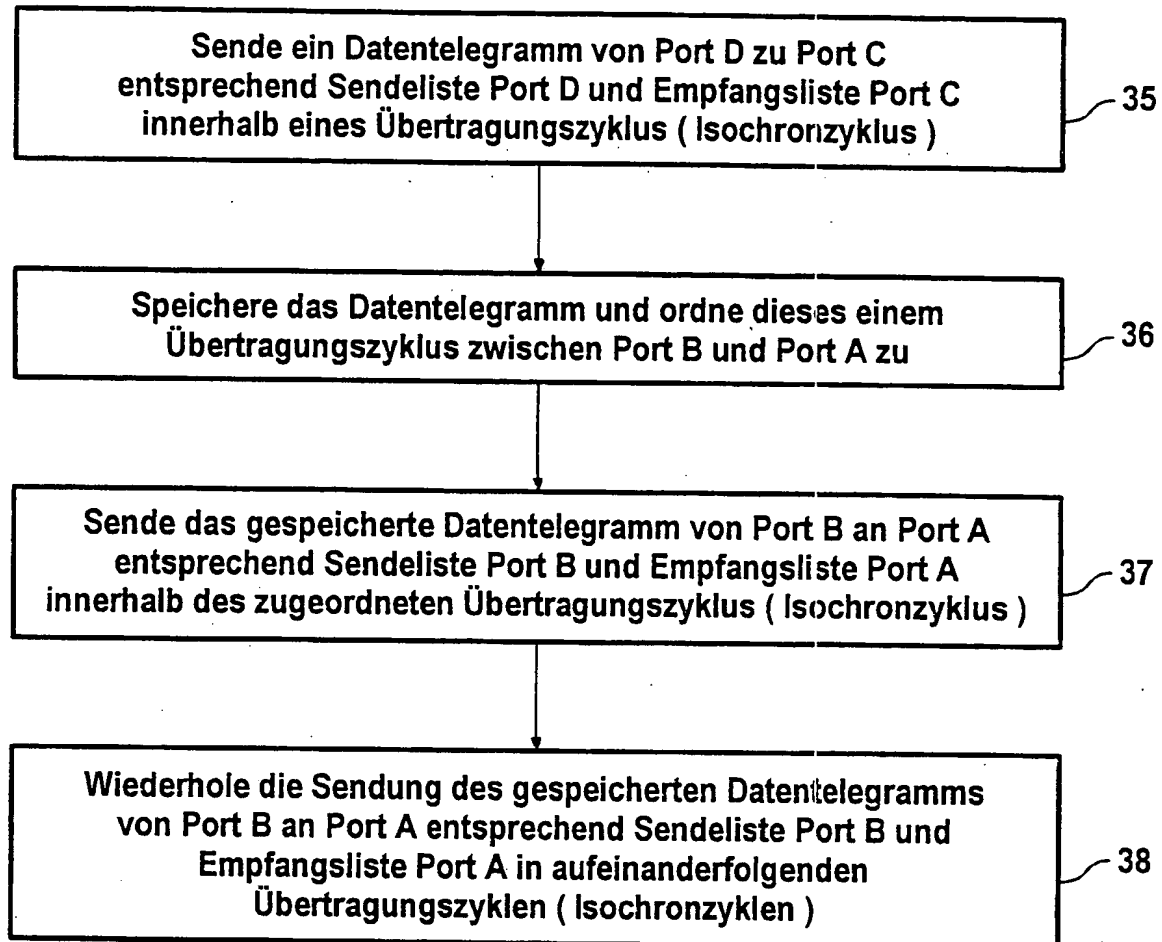


FIG 4

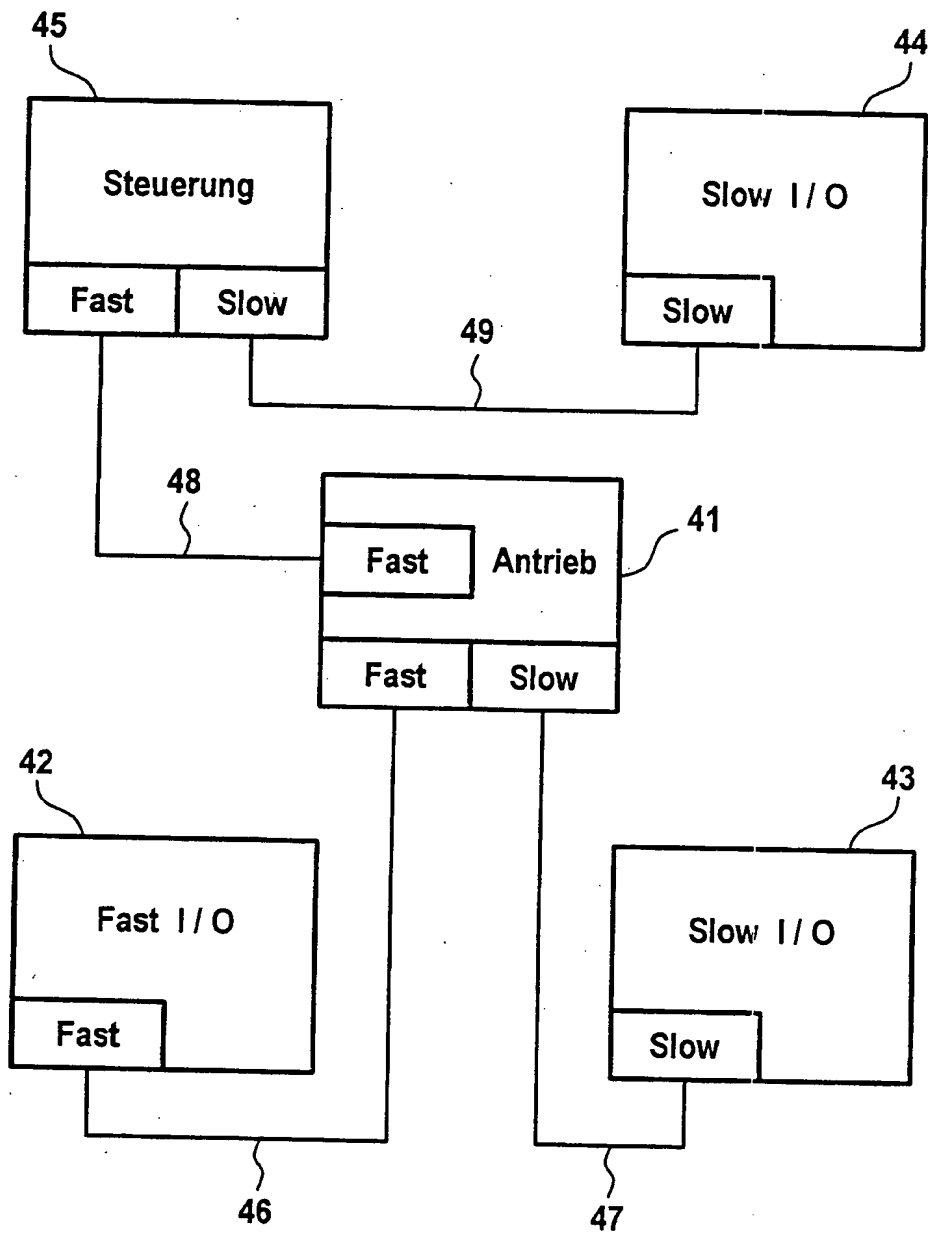


FIG 5



FIG 6

